



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 00 336 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 03 B 37/00**  
G 01 C 3/00  
G 01 C 5/00  
// H04N 1/00

②1 Aktenzeichen: 198 00 336.6  
②2 Anmeldetag: 7. 1. 98  
④3 Offenlegungstag: 9. 7. 98

DE 198 00 336 A 1

③0 Unionspriorität:

9-011984 07. 01. 97 JP  
9-264990 11. 09. 97 JP

⑦1 Anmelder:

Asahi Kogaku Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Schaumburg und Kollegen, 81679 München

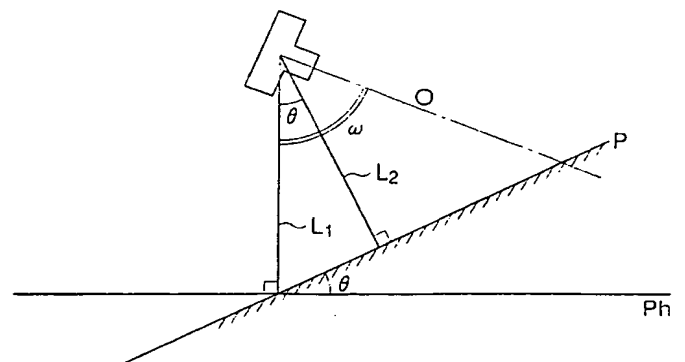
⑦2 Erfinder:

Kaneko, Atsumi, Tokio/Tokyo, JP; Nakayama,  
Toshihiro, Tokio/Tokyo, JP; Kida, Atsushi,  
Tokio/Tokyo, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Kamera mit Abstandsmessungs-Sensoreinheit

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Kamera (CA), die bei der fotogrammetrischen Vermessung verwendet werden kann. Die Kamera (CA) hat eine Sensoreinheit (34) zum Messen eines vertikalen Abstandes (L1) und eines minimalen Abstandes (L2) zwischen der Kamera (CA) und einem gegebenenfalls geneigt verlaufenden Untergrund (P), über dem die Kamera (CA) angeordnet ist. Die Kamera (CA) hat ferner ein Speichermedium (38) zum Abspeichern des vertikalen und horizontalen Abstandswertes (L1 und L2).



DE 198 00 336 A 1

Die Erfindung betrifft eine Kamera, die insbesondere beim fotogrammetrischen Vermessen verwendbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Speichermedium nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8 bzw. 9.

5 Fotogrammetrische Vermessungen werden beispielsweise am Ort eines Verkehrsunfalls durchgeführt. Hierzu wird der Unfallort aus mindestens zwei verschiedenen Positionen mit einer Kamera fotografiert und auf Grundlage ausgewählter Aufnahmen eine Vermessungskarte des Unfallortes erstellt.

Hierzu wird in jeder Aufnahme ein zweidimensionales Koordinatensystem definiert, entsprechend dem zweidimensionalen Positionen von in jeder Aufnahme aufgezeichneten Objekten bestimmt werden. Anschließend wird auf Grundlage der zwei zweidimensionalen Koordinatensysteme ein dreidimensionales Koordinatensystem erstellt und die dreidimensionalen Positionen der aufgezeichneten Objekte bezüglich des dreidimensionalen Koordinatensystems ermittelt. Entsprechend kann eine Vermessungskarte des Unfallortes erstellt werden, indem die Objekte auf eine der drei durch das dreidimensionale Koordinatensystem definierten Ebenen projiziert, auf ein Blatt Papier gezeichnet werden.

15 Bevor genau skalierte Abstände und Längen auf der Vermessungskarte reproduziert werden können, muß gemeinsam mit den Objekten in den Aufnahmen ein Standardmaßstab aufgenommen werden. Des weiteren muß in den Aufnahmen eine Standardreferenzebene definiert werden, auf die sich die Vermessungskarte stützt.

Üblicherweise werden zur Definition eines Standardmaßstabes und einer Referenzebene drei zueinander identische, kegelförmige Markierungen jeweils an geeigneten Stellen am Unfallort positioniert. Der Standardmaßstab wird durch zwei Spitzen der kegelförmigen Markierungen definiert, deren Abstand zueinander beispielsweise mit einem Maßband gemessen wird. Die durch die drei Spitzen der kegelförmigen Markierungen definierte Ebene dient als Referenzebene.

20 Ist der Untergrund am Unfallort eben, d. h. fällt die durch die Spitzen der Markierungen definierte Referenzebene mit einer horizontalen Ebene zusammen, kann eine ordnungsgemäße präzise Vermessungskarte auf Grundlage der Referenzebene gezeichnet werden. Ist dagegen der Untergrund geneigt, d. h. verläuft die Referenzebene bezüglich der horizontalen Ebene schräg, ist ein ordnungsgemäßes und präzises Zeichnen der Vermessungskarte nicht möglich.

25 Demzufolge muß, wenn der Untergrund geneigt verläuft, ein Neigungswinkel gemessen und bei der Bestimmung der dreidimensionalen Positionen der Objekte der gemessene Neigungswinkel mit einbezogen werden, damit die Vermessungskarte ordnungsgemäß und präzise gezeichnet werden kann. Dennoch ist es problematisch, den Neigungswinkel des Untergrundes zu messen. Darüber hinaus kann das Maß des Neigungswinkels irrtümlicherweise nicht mit einbezogen werden.

30 Andererseits besteht der Wunsch nach einer Vermessungskarte, die in einer vertikalen Ebene liegt, d. h. einer senkrecht zur horizontalen Ebene bzw. zur Referenzebene verlaufenden Ebene. Bevor diese Forderung erfüllt werden kann, muß jedoch der vertikale Abstand zwischen der Kamera und dem Untergrund gemessen werden. Auch hier tritt das Problem auf, den vertikalen Abstand zwischen der Kamera und dem Untergrund messen zu müssen. Darüber hinaus kann das Maß des vertikalen Abstandes gleichfalls irrtümlicherweise nicht mit einbezogen werden.

35 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kamera bzw. ein Speichermedium bereitzustellen, mit der bzw. mit dem der Neigungswinkel des Untergrundes bezogen auf eine horizontale Ebene auf einfache Weise ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Kamera der eingangs genannten Art gelöst durch eine Sensoreinheit, die einen vertikalen Abstand und einen minimalen Abstand der Kamera zu einem gegebenenfalls geneigt zu einer horizontalen Ebene verlaufenden Untergrund bestimmt, über dem die Kamera angeordnet ist. Ferner wird die Aufgabe durch ein Speichermedium mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 bzw. 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den jeweils zugeordneten Unteransprüchen.

Durch die vorliegende Erfindung wird eine Kamera bereitgestellt, die eine Abstandsmessungs-Sensoreinheit hat, mit der der Neigungswinkel des Untergrundes ermittelt werden kann, sobald die Kamera eine Aufnahme macht.

40 Ferner kann bei der Erfindung die Kamera mit ihrer Abstandsmessungs-Sensoreinheit den vertikalen Abstand zwischen der Kamera und dem Untergrund bestimmen, sobald mit der Kamera eine Aufnahme getätigt wird.

Bei der Erfindung ist die Kamera mit einer Abstandsmessungs-Sensoreinheit ausgestattet, mit der ein vertikaler und ein minimaler Abstand zwischen der Kamera und dem gegebenenfalls geneigt verlaufenden Untergrund, über dem die Kamera angeordnet ist, gemessen wird.

Vorzugsweise hat die Kamera ein Speichermedium, wie beispielsweise eine IC-Speicherkarte, in dem der vertikale und der minimale Abstand abgespeichert werden kann. Darüber hinaus können im Speichermedium zusätzlich die fotografierten Bilddaten abgespeichert werden.

Die Kamera kann eine Recheneinheit enthalten, mit der basierend auf dem vertikalen und dem minimalen Abstand ein Neigungswinkel des geneigten Untergrundes berechnet werden kann. In diesem Fall kann anstelle des vertikalen und minimalen Abstands der berechnete Neigungswinkel im Speichermedium abgespeichert werden.

55 Diese und weitere Ziele der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen besser verständlich. Darin zeigen:

**Fig. 1** eine schematische perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen elektronischen Standbild-Videokamera,

**Fig. 2** eine Unteransicht der Standbild-Videokamera nach **Fig. 1**,

60 **Fig. 3** ein Blockschaltbild der Standbild-Videokamera nach **Fig. 1**,

**Fig. 4** ein Ablaufdiagramm einer von der Standbild-Videokamera nach **Fig. 1** durchgeführten Aufnahmeroutine,

**Fig. 5** eine konzeptionelle schematische Darstellung einer durch eine Abstandsmessungs-Sensoreinheit der Standbild-Videokamera nach **Fig. 1** durchgeführten Abstandsmessung,

**Fig. 6** eine konzeptionelle schematische Darstellung eines Formatbeispiels einer IC-Speicherkarte, die in die Standbild-Videokamera nach **Fig. 1** eingelegt werden kann,

65 **Fig. 7** ein Ablaufdiagramm einer Abstandsmessroutine, die Teil der Aufnahmeroutine nach **Fig. 4** ist,

**Fig. 8** einen Graph einer gleichmäßigen Kennlinie, die durch Verarbeiten einer Serie von durch die Abstandsmessungs-Sensoreinheit der Standbild-Videokamera nach **Fig. 1** gemessenen Abstandsdaten entsteht.

**Fig. 9** eine konzeptionelle perspektivische Darstellung einer fotogrammetrischen Meßeinrichtung, die die Standbild-Videokamera nach **Fig. 1** verwendet.

**Fig. 10** eine konzeptionelle Darstellung einer aus einer ersten Position der Meßeinrichtung nach **Fig. 9** fotografierten Aufnahme.

**Fig. 11** eine konzeptionelle Darstellung einer aus einer zweiten Position der Meßeinrichtung nach **Fig. 9** fotografierten weiteren Aufnahme.

**Fig. 12** eine konzeptionelle Darstellung der relativen Lagebeziehung zwischen einem Standardmaßstab und der ersten bzw. zweiten Aufnahme der **Fig. 10** bzw. **11**.

**Fig. 13** ein Blockschaltbild eines Computersystems, mit dem die erfindungsgemäße fotogrammetrische Messung durchgeführt wird.

**Fig. 14** ein Ablaufdiagramm einer fotogrammetrischen Meßroutine zur Erzeugung einer Vermessungskarte auf Grundlage der ersten und zweiten Aufnahme nach den **Fig. 10** und **11**.

**Fig. 15** eine konzeptionelle perspektivische Darstellung eines dreidimensionalen Koordinatensystems zur Erzeugung der Vermessungskarte.

**Fig. 16** ein Ablaufdiagramm, das eine Abwandlung des Ablaufdiagramms nach **Fig. 4** zeigt.

**Fig. 17** ein Ablaufdiagramm, das eine Abwandlung des Ablaufdiagramms nach **Fig. 7** zeigt, und

**Fig. 18** eine konzeptionelle Darstellung eines Verfahrens zum Erzeugen einer breiten Vermessungskarte durch Kombinieren mehrerer Vermessungskarten.

**Fig. 1** zeigt das Äußere einer erfindungsgemäßen elektronischen Standbild-Videokamera. Die Standbild-Videokamera hat einen Kamerakörper **10**, eine etwa mittig an einer Vorderseite des Kamerakörpers **10** angeordnete Aufnahmeoptik **12**, eine an der Vorderseite des Kamerakörpers **10**, rechtsseitig der Aufnahmeoptik **12**, über dieser angeordnete elektronische Blitzeinheit **14** und an der Vorderseite einen, bezogen auf die Aufnahmeoptik **12**, der elektronischen Blitzeinheit **14** gegenüberliegend angeordneten Auslöser **16**.

Des weiteren hat die Kamera auf der Oberseite ihres Kamerakörpers **10** einen mittig angeordneten Sucher **18**, ein seitlich der einen Seite des Suchers **18** angeordnetes LCD-Feld **22** (LCD = Liquid Cristal Display) sowie einen seitlich der anderen Seite des Suchers **18** angeordneten Hauptschalter **24**. Ferner hat der Kamerakörper **10** einen an seiner Seitenwand ausgebildeten länglichen Schlitz **26**, durch den ein Aufzeichnungsträger wie beispielsweise eine IC-Speicherkarte **28** in die Kamera eingelegt oder aus ihr entnommen werden kann. Zum Auswerten bzw. Ausgeben der IC-Speicherkarte **28** aus dem länglichen Schlitz **26** der Kamera dient ein Ausgabeknopf **30**.

Obwohl in **Fig. 1** nicht dargestellt, ist in der Rückwand des Kamerakörpers **10** ein LCD-Bildschirm **72** eingelassen (vgl. **Fig. 3**), auf dem die fotografierten Aufnahmen reproduziert und betrachtet werden können.

Wie **Fig. 2** zeigt, ist an der Unterseite des Kamerakörpers **10** in einer Ausnehmung **32** eine Abstandsmessungs-Sensoreinheit **34** schwenkbar gelagert. Die Sensoreinheit **34** hat eine Lichtquelle **35**, die einen Lichtstrahl wie beispielsweise einen Infrarotlichtstrahl in Richtung eines Objektes emittiert, und einen Lichtempfänger **36**, der den vom Objekt reflektierten Infrarotlichtstrahl empfängt.

Als Lichtempfänger **36** dient beispielsweise ein PSD (PSD = positive sensitive device). Die Lichtquelle **35** und der Lichtempfänger **36** sind mit einem vorgegebenen Abstand zueinander angeordnet. Der Einfallspunkt des Lichtstrahls auf den Lichtempfänger **36** wird erfaßt, wobei die Einfallspoint in Abhängigkeit von dem Winkel variiert, mit dem der Infrarotlichtstrahl von dem Objekt reflektiert wird. Dadurch kann der Abstand zwischen der Lichtquelle **35** und dem Objekt auf Grundlage der erfaßten Einfallspoint des Lichtstrahls bestimmt werden. Der ermittelte Abstand wird als Abstandssignal von dem Lichtempfänger **36** ausgegeben.

Wie **Fig. 2** zeigt, hat die Sensoreinheit **34** zwei von ihren entgegengesetzten Stirnflächen abstehende Lagerzapfen **38**. Die Lagerzapfen **38** sind zueinander entlang einer Mittelachse A der Sensoreinheit **34** ausgerichtet, die rechtwinklig zur optischen Achse der Aufnahmeoptik **12** verläuft. Die Lagerzapfen **38** sind an den gegenüberliegenden Seitenwänden der Ausnehmung **32** in geeigneten Lagern (nicht dargestellt) drehbar gelagert, wodurch die Sensoreinheit **34** um die Mittelachse A schwenkbar ist. Einer der Lagerzapfen **38** ist mit einem am Kamerakörper **10** vorgesehenen elektrischen Motor **40** verbunden.

Wird der elektrische Motor **40** nicht angetrieben, kann sich die Sensoreinheit **34** frei um ihre Mittelachse A drehen. Die Massenverteilung der Sensoreinheit **34** ist so durch die Wirkung der Schwerkraft ausbalanciert, daß die Lichtstrahlachse der Lichtquelle **35** normalerweise vertikal ausgerichtet ist. Genauer gesagt, befindet sich die Sensoreinheit **34**, unabhängig von der Position der Kamera, in einer ausbalancierten Stellung, wenn die Kamera an einem Stativ befestigt ist. Dadurch kann ein Lichtstrahl von der Lichtquelle **35** der Sensoreinheit **34** vertikal emittiert werden, so lange der elektrische Motor **40** nicht angetrieben wird.

Wird der elektrische Motor **40** betrieben, schwenkt er die Sensoreinheit **34** aus der ausbalancierten Stellung in eine Position, in der die Lichtstrahlachse der Lichtquelle **35** horizontal ausgerichtet ist, wobei die Schwenkrichtung der Sensoreinheit **34** von der Drehrichtung des Elektromotors **40** abhängt. Die Sensoreinheit **34** kann über einen Winkelbereich von 90° geschwenkt werden, sobald der Elektromotor **40** betrieben wird.

**Fig. 3** zeigt ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Videokamera. Die Videokamera hat eine Steuereinheit **42** mit einem Mikrocomputer bzw. Mikroprozessor, einem ROM-Speicher, einem RAM-Speicher und dergleichen, die die Videokamera insgesamt steuert.

Die Aufnahmeoptik **12** hat mehrere Linsengruppen und eine zwischen diesen angeordnete Blende **44**. Hinter der Aufnahmeoptik **12** ist ein Festkörper-Bildsensor **46** angeordnet, der als Vorrichtung zum fotoelektrischen Umwandeln der Lichtstrahlen dient und der vorzugsweise ein CCD-Bildsensor (CCD = charge-coupled device) ist. Zwischen der Aufnahmeoptik **12** und dem CCD-Bildsensor **46** ist ein Schnellklappspiegel **48** angeordnet, über dem seinerseits eine Einstellscheibe **50** gehalten ist, die Bestandteil des optischen Systems des Suchers **18** ist.

Der Schnellklappspiegel **48** kann von einer Spiegelantriebsschaltung **52** zwischen einer abgesenkten Stellung, d. h. der mit durchgezogenen Linien in **Fig. 3** gezeigten geneigten Stellung, und einer hochgeklappten Stellung bewegt werden, d. h. der mit gestrichelten Linien in **Fig. 3** gezeigten, horizontalen Stellung. Die Spiegelantriebsschaltung **52** wird

durch eine Belichtungssteuerung **54** gesteuert, mit der ein Belichtungssensor **56** verbunden ist. Die Belichtungssteuerung **54** wird vor der Steuereinheit **42** auf Grundlage des Ausgangssignals des Belichtungssensors **56** betätigt.

Der Schnellklappspiegel **48** ist üblicherweise in der abgesenkten bzw. geneigten Stellung angeordnet, um die durch die Aufnahmeoptik **12** einfallenden Lichtstrahlen in Richtung des optischen Systems des Suchers **18** abzulenken, damit der Fotograf das zu fotografierende Objekt im Sucher **18** betrachten kann. Sobald fotografiert wird, schwenkt die Spiegelantriebsschaltung **52** den Schnellklappspiegel **48** nach oben in die hochgeklappte Stellung, damit die durch die Aufnahmeoptik **12** einfallenden Lichtstrahlen auf die lichtempfangende Fläche des CCD-Bildsensors **46** gerichtet sind. Dadurch wird durch die Aufnahmeoptik **12** eine optische Abbildung auf die lichtempfangende Fläche des CCD-Bildsensors **46** projiziert.

Dabei ist zu bemerken, daß, obwohl in **Fig. 3** nicht gezeigt, eine gleichfalls von der Belichtungssteuerung **54** angesteuerte Blendenstellschaltung vorgesehen ist, mit der die Blende **44** verstellt wird.

Der CCD-Bildsensor **46** hat eine elektronische Verschlüßfunktion, mit der eine Belichtungszeit, d. h. eine für die elektronische Ladungsspeicherung erforderliche Zeit, auf Grundlage eines Ausgangssignals des Belichtungssensors **56** reguliert wird. Nachdem die Belichtungszeit abgelaufen ist, wird der Schnellklappspiegel **48** von seiner hochgeklappten in seine abgesenkte Stellung zurückbewegt. Während der Belichtungsdauer wandelt der CCD-Bildsensor **46** die optische Abbildung in elektrische Pixelsignale um. Die umgewandelten elektrischen Pixelsignale werden aus dem CCD-Bildsensor **46** von einer CCD-Steuerschaltung **58** gelesen, die von der Steuereinheit **42** betätigt wird.

Die aus dem CCD-Bildsensor **46** ausgelesenen Pixelsignale werden von einem Verstärker **60** verstärkt und anschließend durch einen Analog-Digital-Wandler **62** in digitale Pixelsignale umgewandelt. Die digitalen Pixelsignale werden von einer von der Steuereinheit **42** überwachten Bildverarbeitungsschaltung **64** einer Schattenkorrektur, einer Gamma-korrektur und dergleichen unterzogen, und anschließend zeitweise in einem Speicher **66** gespeichert, der eine ausreichende Speicherkapazität zum Abspeichern eines aus den digitalen Pixelsignalen bestehenden Bildfeldes hat, das von dem CCD-Bildsensor **46** ausgegeben wird.

Die von dem Speicher **66** ausgegebenen Pixelsignale werden einer Speicherkarten-Steuerschaltung **68** zugeführt, durch die die eingespeisten digitalen Pixelsignale als Pixeldaten-Bildfeld auf der IC-Speicherkarte **28** abgespeichert werden. Darüber hinaus kann das aus Pixelsignalen bestehende Bildfeld von dem Speicher **66** an einen Farbcodierer **70** ausgegeben werden, der auf Grundlage der Pixelsignale des Bildfeldes Farbvideosignale erzeugt, die anschließend in den, wie zuvor bereits erläutert, in der Rückwand des Kamerakörpers **10** vorgesehenen LCD-Bildschirm **72** eingespeist werden, auf dem die fotografierte Aufnahme reproduziert und beobachtet werden kann.

Die Abstandsmessungs-Sensoreinheit **34** wird von einer Sensorsteuerschaltung **74** gesteuert, die von der Steuereinheit **42** überwacht wird und die die Abstandsmessungs-Sensoreinheit **34** und den Elektromotor **40** in der zuvor beschriebenen Weise betätigt. Die Steuereinheit **42** erhält wiederum ein vom Lichtempfänger **36** der Sensoreinheit **34** abgegebenes Abstandsdatensignal.

Wie **Fig. 3** zeigt, ist die Kamera mit einem Belichtungssensorschalter **76** und einem Auslöseschalter **78** ausgestattet, die beide mit dem Auslöser **16** (vgl. **Fig. 1**) verbunden sind. Genauer gesagt wird der Belichtungssensorschalter **76** angeschaltet, sobald der Auslöser **16** halbgedrückt wird. Wird der Auslöser **16** vollständig gedrückt, wird der Auslöseschalter **78** angeschaltet. Darüber hinaus ist der Auslöser **16** mit der Abstandsmessungs-Sensoreinheit **34** verbunden, wie später detailliert beschrieben wird.

Die elektronische Blitzeinheit **14** wird, wie **Fig. 3** zeigt, von einer von der Steuereinheit **42** überwachten Blitzsteuerschaltung **80** elektrisch erregt. Sofern erforderlich, wird die elektronische Blitzeinheit **14** betätigt, sobald der Auslöser **16** vollständig gedrückt wird. Darüber hinaus ist das LCD-Feld **22** mit der Steuereinheit **42** verbunden, um verschiedene Einstellungen der Kamera, geeignete Mitteilungen und dergleichen anzuzeigen.

**Fig. 4** zeigt ein Ablaufdiagramm einer von der Steuereinheit **42** durchgeführten Aufnahmeroutine. Die Aufnahmeroutine wird initiiert, indem der Hauptschalter **24** (vgl. **Fig. 1**) angeschaltet wird.

Dabei ist zu bemerken, daß bei den Erläuterungen der Aufnahmeroutine davon ausgegangen wird, daß die Kamera an einem Stativ befestigt ist, das auf einer geneigten Oberfläche **P** steht, wie **Fig. 5** zeigt, die bezüglich einer horizontalen Ebene **Ph** einen Neigungswinkel  $\Theta$  hat. Ferner ist zu bemerken, daß in **Fig. 5** das Bezugszeichen **L1** den vertikalen Abstand der Sensoreinheit **34** zur geneigten Oberfläche **P** und das Bezugszeichen **L2** den minimalen Abstand der Sensoreinheit **34** zur geneigten Oberfläche **P** angeben. Der Abstand **L1** wird vom Schnittpunkt der horizontalen Ebene **Ph** mit der geneigten Oberfläche **P** zur Sensoreinheit **34** vertikal gemessen. Der Abstand **L2** wird ausgehend von der geneigten Oberfläche **P** zur Sensoreinheit **34** lotrecht gemessen.

In Schritt **401** wird ein Anfangstestprogramm ausgeführt, das ermittelt, ob verschiedene Funktionen der Kamera ordnungsgemäß durchgeführt werden können oder nicht. Sobald eine der Funktionen der Kamera nicht betriebsbereit ist, wird im LCD-Feld **22** eine Warnungsmittelung angezeigt, daß die Kamera nicht ordnungsgemäß arbeitet.

Arbeitet die Kamera ordnungsgemäß, fährt die Steuerung mit Schritt **402** fort, bei dem bestimmt wird, ob der Auslöser **16** zum Einschalten des Belichtungssensorschalters **76** halbgedrückt ist oder nicht. Das Bestimmen, ob der Auslöser **16** halbgedrückt ist, wird in Zeitabständen von beispielsweise 1 ms wiederholt.

Sobald bestätigt wird, daß der Auslöser **16** halbgedrückt worden ist, fährt die Steuerung mit Schritt **403** fort, bei dem die Belichtungszeit bzw. die für die elektronische Ladungsspeicherung erforderliche Dauer auf Grundlage des vom Belichtungssensor **56** erzeugten Ausgangssignals bestimmt wird.

In Schritt **404** wird eine Abstandsmeßroutine durchgeführt, bei der der vertikale Abstand **L1** und der minimale Abstand **L2** durch die Sensoreinheit **34** gemessen wird. Die Abstandsmeßroutine wird unter Bezugnahme auf das in **Fig. 6** gezeigte Ablaufdiagramm später noch detailliert beschrieben.

Danach wird in Schritt **405** bestimmt, ob der Auslöser **16** vollständig gedrückt wurde oder nicht. Wurde der Auslöser **16**, nachdem er zuvor halbgedrückt worden war, nicht vollständig gedrückt, kehrt die Steuerung von Schritt **405** zu Schritt **402** zurück. Dabei ist zu bemerken, daß in Zeitabständen von beispielsweise 1 ms wiederholt überprüft wird, ob der Auslöser **16** vollständig gedrückt worden ist.

Sobald bestätigt wird, daß der Auslöser **16** vollständig gedrückt wurde, wobei der Auslöseschalter **78** angeschaltet

wurde, fährt die Steuerung in Schritt 406 fort, bei dem der Auslöser 16 deaktiviert wird. Anschließend geht die Steuerung zu Schritt 407, bei dem die Aufnahmefunktion ausgeführt wird. Bei der Aufnahmefunktion wird die Größe der Blende 44 durch die von der Belichtungssteuerschaltung 54 gesteuerte Blendenstellschaltung auf Grundlage des Ausgangssignals des Belichtungssensors 56 eingestellt und anschließend der Schnellklappspiegel 48 von der abgesenkten Stellung in die hochgeklappte Stellung nach oben geschwenkt. Dadurch wird die lichtempfangende Fläche des CCD-Bildsensors 46 den durch die Aufnahmeoptik 12 einfallenden Lichtstrahlen ausgesetzt. Genauer gesagt wird eine von der Aufnahmeoptik 12 erfaßte optische Abbildung fokussiert und auf die lichtempfangende Fläche des CCD-Bildsensors 46 projiziert, der die optische Abbildung in ein aus elektrischen Pixelsignalen bestehendes Bildfeld umwandelt. Nach Ablauf einer vorgegebenen Belichtungszeit, d. h. nach Ablauf der für die elektrische Ladungsspeicherung erforderlichen Dauer, wird der Schnellklappspiegel 48 von der hochgeklappten Stellung wieder in die abgesenkte Stellung zurückgeschwenkt.

In Schritt 408 werden die Pixelsignale des Bildfeldes aus dem CCD-Bildsensor 46 ausgelesen, von dem Verstärker 60 verstärkt, durch den Analog-Digital-Wandler 62 in digitale Pixelsignale umgewandelt und von der Bildverarbeitungsschaltung 64 weiterverarbeitet, bevor sie zeitweise im Speicher 66 abgespeichert werden.

In Schritt 409 werden die Pixelsignale von dem Speicher 66 in die Speicherkarten-Steuerschaltung 68 eingelesen, mit der die ausgegebenen Pixelsignale als Pixeldaten des Bildfeldes auf der IC-Speicherkarte 28 abgespeichert werden. Gleichzeitig werden die Daten der Abstände L1 und L2 sowie weiterer Informationsdaten auf der IC-Speicherkarte 28 abgespeichert. Wie konzeptionell in Fig. 6 gezeigt, ist der Speicherbereich der IC-Speicherkarte 28 so formatiert, daß er in ein Kopffeld und in ein Bilddatenspeicherfeld untergliedert ist. Die das Bildfeld bildenden Pixeldaten werden in dem Bilddatenspeicherfeld abgespeichert. Die Abstände L1 und L2 sowie die weiteren Informationsdaten, wie die Nummer des Bildfeldes, Aufnahmebedingungen, Datum und Uhrzeit der Aufnahme oder ähnliches, werden im Kopffeld abgespeichert. Darüber hinaus kann der Speicherbereich der IC-Speicherkarte 28 auch ein Reservefeld umfassen, wie Fig. 6 zeigt.

Nachdem die Pixeldaten, die Abstände L1 und L2 sowie die weiteren Informationsdaten auf der IC-Speicherkarte 28 abgespeichert worden sind, fährt die Steuerung mit Schritt 410 fort, bei dem der Auslöser 16 wieder aktiviert wird. Anschließend kehrt die Steuerung zu Schritt 401 zurück und wartet auf die nächste Aufnahme.

Wie zuvor bereits angedeutet, wird in Schritt 404 der in Fig. 4 gezeigten Aufnahmeroutine, sobald der Auslöser 16 halb gedrückt ist, die in Fig. 7 dargestellte Abstandsmessroutine ausgeführt, die nachfolgend beschrieben wird.

In Schritt 701 wird ein Zähler n auf Null zurückgesetzt. Anschließend werden in Schritt 702 die von dem Lichtempfänger 36 der Abstandsmessungs-Sensoreinheit 34 erfaßten Abstandsdaten DD aufgenommen, während die Sensoreinheit 34 von der ausbalancierten Stellung in eine vorgegebene Winkelstellung geschwenkt wird, währenddessen der von der Lichtquelle 36 der Sensoreinheit 34 emittierter Infrarotlichtstrahl von der geneigten Oberfläche P zurückgeworfen wird. Dabei ist zu bemerken, daß der in Fig. 5 gezeigte Winkel  $\omega$  den Winkel zwischen der ausbalancierten Stellung (L1) und der vorgegebenen Stellung angibt.

In Schritt 703 werden die erfaßten Abstandsdaten DD als  $DD_n$ -Daten eingelesen, die zeitweise in dem RAM-Speicher der Steuereinheit 42 abgespeichert werden. In Schritt 704 wird der Zähler n um Eins erhöht und in Schritt 705 überprüft, ob der Zähler n einen dem Winkel  $\omega$  entsprechenden vorgegebenen Wert entspricht oder nicht. Hat der Zähler n den vorgegebenen Wert noch nicht erreicht, kehrt die Steuerung von Schritt 705 zu Schritt 702 zurück und wiederholt die Routine mit den Schritten 702 bis 705 so lange, bis der Zähler n den vorgegebenen Wert erreicht hat. Dabei ist zu bemerken, daß die Abstandsdaten DD des Lichtempfängers 36 in zeitlichen Abständen von beispielsweise 1 ms erfaßt werden.

Sobald der Zähler n den vorgegebenen Wert erreicht, fährt die Steuerung ausgehend von Schritt 705 mit Schritt 706 fort, bei dem die Folge von Abstandsdaten  $DD_n$  so verarbeitet wird, daß eine gleichmäßig verlaufende Kennlinie entsteht, wie sie durch den Graphen in Fig. 8 dargestellt ist.

In Schritt 707 wird der Zähler n auf Null zurückgesetzt. Anschließend wird in Schritt 708 der Abstandswert  $DD_{n=0}$  als Abstand L1 gesetzt und zeitweise im RAM-Speicher der Steuereinheit 42 abgespeichert. Wie aus den zuvor erfolgten Erläuterungen ersichtlich, entspricht dabei der Abstandswert  $DD_{n=0}$  dem in Fig. 5 gezeigten vertikalen Abstand L1, da sich die Abstandsmessungs-Sensoreinheit 34, unmittelbar bevor der Elektromotor 40 betätigt wird, in der ausbalancierten Stellung befindet.

In Schritt 709 wird der Zähler n um Eins erhöht. Anschließend wird in Schritt 710 die folgende Berechnung durchgeführt:

$$\Delta DD_n = DD_{n+1} - DD_n.$$

In Schritt 711 wird bestimmt, ob das berechnete Ergebnis  $\Delta DD_n$  größer oder gleich Null ist oder nicht. Ist  $\Delta DD_n < 0$ , kehrt die Steuerung ausgehend von Schritt 711 zu Schritt 709 zurück. Die Routine wird also mit den Schritten 709 bis 711 so lange wiederholt, bis  $\Delta DD_n$  größer oder gleich Null ist.

Sobald in Schritt 711 festgestellt wird, daß  $\Delta DD_n$  größer oder gleich Null ist, d. h., wenn der minimale Abstand  $DD_n$  bestimmt worden ist, fährt die Steuerung ausgehend von Schritt 711 mit Schritt 712 fort. In Schritt 712 wird der minimale Abstand  $DD_n$  als Abstand L2 gesetzt und zeitweise im RAM-Speicher der Steuereinheit 42 abgespeichert. Anschließend kehrt die Steuerung zu Schritt 406 des Ablaufdiagramms von Fig. 4 zurück.

Fig. 9 zeigt konzeptionell eine fotogrammetrische Meßeinrichtung, bei der eine erfindungsgemäße Videokamera verwendet wird. In dieser Darstellung ist ein würfelförmiges Objekt OB an einer Stelle positioniert, die fotogrammetrisch vermessen werden soll. Seitlich des zu vermessenden, würfelförmigen Objektes OB ist ein Standard-Maßstab SC angeordnet. Der Standard-Maßstab SC und das würfelförmige Objekt OB werden aus zwei verschiedenen Richtungen von der Videokamera CA fotografiert. Wie Fig. 9 zeigt, wird der Standard-Maßstab SC und das würfelförmige Objekt OB zunächst aus einer mit durchgezogener Linie dargestellten ersten Position  $M_1$  von der Videokamera CA fotografiert. Anschließend werden sie aus einer zweiten Position  $M_2$  von der Videokamera CA fotografiert (in gestrichelten Linien dargestellt). Bei der ersten Position  $M_1$  ist die optische Achse der Videokamera CA mit dem Bezugszeichen  $O_1$  bezeichnet. An der zweiten Position  $M_2$  ist die optische Achse der Videokamera CA durch das Bezugszeichen  $O_2$  angegeben.

Dabei ist zu bemerken, daß sowohl die erste als auch die zweite Position  $M_1$  und  $M_2$  jeweils als der hintere Hauptpunkt der Aufnahmeoptik 12 der Videokamera CA definiert sein können.

Bei dem in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel hat der Standard-Maßstab SC die Form einer gleichseitigen dreieckigen Platte mit drei Referenzpunkten  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$ , die nahe der Eckpunkte der gleichseitigen dreieckigen Platte derart angeordnet sind, daß durch die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  ein gleichseitiges Dreieck definiert ist, wie es durch die schraffierte Fläche in Fig. 9 dargestellt ist. Die schraffierte Fläche dient als Referenzebene. Die Seitenkanten des durch die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  definierten gleichseitigen Dreiecks haben jeweils eine vorgegebene Länge  $l$ , die als Standardmeßlänge verwendet wird.

Verläuft die zu vermessende Stelle schräg, d. h., ist sie um den Winkel  $\Theta$  bezüglich der horizontalen Ebene Ph geneigt, wie es Fig. 5 zeigt, verläuft die durch die Punkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  definierte, schraffierte Referenzebene gleichfalls um den Winkel  $\Theta$  bezüglich der horizontalen Ebene Ph geneigt.

Dabei ist zu bemerken, daß anstelle des Standard-Maßstabes SC drei zueinander identische, kegelförmige Markierungen an geeigneten Stellen angeordnet sein können. In diesem Fall wird zuvor der Abstand zwischen zwei Spitzen der kegelförmigen Markierungen beispielsweise mit einem Maßband gemessen und der Wert als Standardmeßlänge gesetzt.

Ferner wird als Referenzebene die durch die drei Spitzen der kegelförmigen Markierungen definierte Ebene verwendet. Fig. 10 zeigt eine durch die an der ersten Position  $M_1$  angeordnete Videokamera CA fotografierte erste Aufnahme. Wie aus der Darstellung ersichtlich, ist in der ersten Aufnahme ein rechtwinkliges  $x_1$ - $y_1$  Koordinatensystem definiert, dessen Ursprung  $c_1$  im fotografischen Mittelpunkt der ersten Aufnahme angeordnet ist. In diesem  $x_1$ - $y_1$ -Koordinatensystem werden die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  durch die Punkte  $p_{11}(px_{11}, py_{11})$ ,  $p_{12}(px_{12}, py_{12})$  bzw.  $p_{13}(px_{13}, py_{13})$  dargestellt.

Fig. 11 zeigt eine durch die Videokamera CA in der zweiten Position  $M_2$  fotografierte zweite Aufnahme. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß in der zweiten Aufnahme ein rechtwinkliges  $x_2$ - $y_2$ -Koordinatensystem definiert ist, dessen Ursprung  $c_2$  im fotografischen Mittelpunkt der zweiten Aufnahme angeordnet ist. In diesem  $x_2$ - $y_2$ -Koordinatensystem werden die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  durch die Punkte  $p_{21}(px_{21}, py_{21})$ ,  $p_{22}(px_{22}, py_{22})$  bzw.  $p_{23}(px_{23}, py_{23})$  dargestellt.

In Fig. 12 ist die dreidimensionale relative Lagebeziehung zwischen dem Standard-Maßstab SC, der Videokamera CA und der ersten und zweiten Aufnahme dargestellt. In diesem Fall wird der Standard-Maßstab SC auf Grundlage der an der ersten Position  $M_1$  gemachten ersten Aufnahme und der an der zweiten Position  $M_2$  gemachten zweiten Aufnahme reproduziert, wobei jedoch die Abmessung des Standard-Maßstabes SC einen Relativwert hat. Deshalb ist die Länge der Seitenkanten des durch die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  definierten gleichschenkligen Dreiecks durch die Angabe  $l'$  angegeben.

Um die dreidimensionalen Koordinaten des würfelförmigen Objekts OB berechnen zu können, ist es erforderlich, ein dreidimensionales X-Y-Z-Koordinatensystem zu definieren, wie es Fig. 12 zeigt, bei dem die in der ersten und zweiten Aufnahme abgespeicherten Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  des Standard-Maßstabes SC bezüglich des dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystems lagemäßig bestimmt werden müssen.

Wie in Fig. 12 gezeigt, liegt der Ursprung des dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystems an der ersten Position  $M_1$ . Die erste Position  $M_1$  wird also durch die Ursprungskoordinaten 0, 0 und 0 des dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystems repräsentiert. Ferner fällt die Z-Achse des dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystems mit der optischen Achse  $O_1$  der an der ersten Position  $M_1$  angeordneten Videokamera CA zusammen. Die zweite Position  $M_2$  wird durch die Koordinaten  $X_0$ ,  $Y_0$  und  $Z_0$  und die optische Achse  $O_2$  der an der zweiten Position  $M_2$  angeordneten Videokamera CA durch die Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  repräsentiert. Die optische Achse  $O_2$  der Videokamera 14 definiert also Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  mit der X-Achse, Y-Achse bzw. Z-Achse des dreidimensionalen X-Y-Z-Koordinatensystems.

Die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  des Standard-Maßstabes CA werden durch die Koordinaten  $PX_j$ ,  $PY_j$ ,  $PZ_j$  der Punkte  $P_j$  (wobei  $j = 1, 2, 3$ ) dargestellt. Wie in Fig. 12 gezeigt, liegen jeder Referenzpunkt  $P_j(PX_j, PY_j, PZ_j)$ ,  $P_2(PX_2, PY_2, PZ_2)$  und  $P_3(PX_3, PY_3, PZ_3)$ , der auf der ersten Aufnahme aufgenommene Bildpunkt  $p_{11}(px_{11}, py_{11})$ ,  $p_{12}(px_{12}, py_{12})$ ,  $p_{13}(px_{13}, py_{13})$  des entsprechenden Referenzpunktes sowie der hintere Hauptpunkt ( $M_1$ ) der Videokamera CA zueinander ausgerichtet auf einer gemeinsamen Geraden. In gleicher Weise liegen jeweils der Referenzpunkt  $P_j(PX_j, PY_j, PZ_j)$ ,  $P_2(PX_2, PY_2, PZ_2)$  und  $P_3(PX_3, PY_3, PZ_3)$ , der auf der zweiten Aufnahme aufgenommene Bildpunkt  $p_{21}(px_{21}, py_{21})$ ,  $p_{22}(px_{22}, py_{22})$ ,  $p_{23}(px_{23}, py_{23})$  des entsprechenden Referenzpunktes sowie der hintere Hauptpunkt ( $M_2$ ) der Videokamera CA zueinander ausgerichtet auf einer gemeinsamen Geraden.

Folglich können die Koordinaten  $PX_j$ ,  $PY_j$ ,  $PZ_j$  der Punkte  $P_j$  durch die folgenden Kollinear-Gleichungen bestimmt werden:

$$PX_j = (PZ_j - Z_0) \frac{a_{11}PX_{1j} + a_{21}PY_{1j} - a_{31}C}{a_{13}PX_{1j} + a_{23}PY_{1j} - a_{33}C} + X_0$$

$$PY_j = (PZ_j - Z_0) \frac{a_{12}PX_{1j} + a_{22}PY_{1j} - a_{32}C}{a_{13}PX_{1j} + a_{23}PY_{1j} - a_{33}C} + Y_0$$

$$(i = 1, 2; j = 1, 2, 3)$$

wobei:

$$a_{11} = \cos \beta \cdot \sin \gamma$$

$$a_{12} = -\cos \beta \cdot \sin \gamma$$

$$a_{13} = \sin \beta$$

$$\begin{aligned}
a_{21} &= \cos \alpha \cdot \sin \gamma + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\
a_{22} &= \cos \alpha \cdot \cos \gamma + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \\
a_{23} &= -\sin \alpha \cdot \sin \beta \\
a_{31} &= \sin \alpha \cdot \sin \gamma + \cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\
a_{32} &= \sin \alpha \cdot \cos \gamma + \cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \\
a_{33} &= \cos \alpha \cdot \cos \beta.
\end{aligned}$$

Dabei ist zu bemerken, daß in diesen Gleichungen die Angabe  $C$  der Brennweite der Videokamera  $CA$  entspricht, die als Abstand zwischen dem hinteren Hauptpunkt ( $M_1$ ) und dem fotografischen Mittelpunkt ( $c_1$ ) der ersten Aufnahme sowie als Abstand zwischen dem hinteren Hauptpunkt ( $M_2$ ) und dem fotografischen Mittelpunkt ( $c_2$ ) der zweiten Aufnahme definiert ist. Ferner entspricht die Angabe  $i$  der jeweiligen Aufnahme und die Angabe  $j$  dem jeweiligen Referenzpunkt  $P_1$ ,  $P_2$  bzw.  $P_3$  des Standard-Maßstabes  $SC$ .

Wie zuvor bereits erläutert, werden, wenn die erste Aufnahme von der an der ersten Position  $M_1$  angeordneten Videokamera  $CA$  fotografiert worden ist, Bildpixeldaten der ersten Aufnahme gemeinsam mit den Abständen  $L_1$  und  $L_2$  und weiteren Informationsdaten auf der IC-Speicherkarte **28** abgespeichert. In gleicher Weise werden Bildpixeldaten der zweiten Aufnahme gemeinsam mit den Abständen  $L_1$  und  $L_2$  sowie den weiteren Informationsdaten auf der IC-Speicherkarte **28** abgespeichert, wenn die zweite Aufnahme von der an der zweiten Position  $M_1$  angeordneten Videokamera  $CA$  fotografiert worden ist.

**Fig. 13** zeigt ein Blockschaltbild eines Computersystems, das auf Grundlage der auf der IC-Speicherkarte **28** abgespeicherten Bildpixeldaten und Abstände  $L_1$  und  $L_2$  die oben beschriebene fotogrammetrische Vermessung durchführt.

Das Computersystem nach **Fig. 13** hat einen Computer **82**, in dem ein fotogrammetrisches Vermessungsprogramm installiert ist, sowie einen mit dem Computer **82** verbundenen IC-Speicherkartenleser **84**. Der IC-Speicherkartenleser **84** ist mit einem Schlitz zur Aufnahme der IC-Speicherkarte **28** ausgestattet und hat ein IC-Speicherkartenlaufwerk **86** zum Einlesen des aus Bildpixeldaten bestehenden Bildfeldes, der Abstände  $L_1$  und  $L_2$  sowie der weiteren Informationsdaten. Das Computersystem hat ferner einen Bildschirm **88** zur Darstellung einer fotografierten Aufnahme auf Grundlage der von der IC-Speicherkarte **28** eingelesenen Bildpixeldaten des Bildfeldes. Ferner hat das Computersystem eine Tastatur **90** zur Eingabe verschiedener Befehle und Daten in den Computer **82** sowie eine Maus **92** zum Bewegen eines auf dem Bildschirm **88** dargestellten Cursors.

**Fig. 14** zeigt ein Ablaufdiagramm der in dem Computer **82** der **Fig. 13** auszuführenden fotogrammetrischen Meßroutine, bei der auf Grundlage der in den **Fig. 10** und **11** gezeigten ersten und zweiten Aufnahmen eine Vermessungskarte erstellt wird. Bevor die Routine ausgeführt wird, werden die aus Bildpixeldaten bestehenden Bildfelder der ersten und zweiten Aufnahme von der IC-Speicherkarte **28** eingelesen und die erste und zweite Aufnahme gleichzeitig auf dem Bildschirm **88** reproduziert und angezeigt, wie in den **Fig. 10** und **11** dargestellt.

In Schritt **1401** werden geeignete Anfangswerte (mit Ausnahme des Wertes 0) für die Koordinaten  $X_0$ ,  $Y_0$  und  $Z_0$  der zweiten Position  $M_2$  und für die Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  der optischen Achse  $O_2$  über die Tastatur **90** in den Computer **82** eingegeben. Anschließend werden in Schritt **1402** die Referenzpunkte  $P_{ij}(px_{ij}, py_{ij})$  nacheinander durch den mit der Maus **92** verfahrenen Cursor auf der auf dem Bildschirm **88** dargestellten ersten und zweiten Aufnahme bestimmt. Genauer gesagt werden die Koordinaten der zwei Punkte  $P_{11}(px_{11}, py_{11})$  und  $P_{21}(px_{21}, py_{21})$ , der zwei Punkte  $P_{12}(px_{12}, py_{12})$  und  $P_{22}(px_{22}, py_{22})$  sowie der zwei Punkte  $P_{13}(px_{13}, py_{13})$  und  $P_{23}(px_{23}, py_{23})$  durch eine Zentrale Recheneinheit (CPU) des Computers **82** ermittelt.

Nachdem die Referenzpunkte  $P_{ij}(px_{ij}, py_{ij})$  bestimmt worden sind, wird in Schritt **1403** der Zähler  $k$  auf Eins gesetzt. Anschließend wird in Schritt **1404** ein geeigneter Punkt  $Q_{1(k=1)}$  des würfelförmigen Objekts  $OB$  ausgewählt und Bildpunkte  $q_{ik}$  (vgl. **Fig. 10** und **11**) des Punktes  $Q_1$ , die in der ersten und zweiten Aufnahme auf dem Bildschirm **88** dargestellt sind, durch den von der Maus **92** bewegten Cursor bestimmt. Genauer gesagt werden die Koordinaten der zwei Punkte  $q_{11}(qx_{11}, qy_{11})$  und  $q_{21}(qx_{21}, qy_{21})$  des Bildpunktes  $Q_1$  durch die Zentrale Recheneinheit des Computers **82** ermittelt.

In Schritt **1405** werden die oben beschriebenen Kollinear-Gleichungen auf Grundlage der ermittelten Koordinaten gelöst und die Koordinaten  $PX_j$ ,  $PY_j$ ,  $PZ_j$  der Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  sowie die dreidimensionalen Koordinaten  $QX_1$ ,  $QY_1$ ,  $QZ_1$  des Objektpunktes  $Q_1$  bestimmt. Anschließend werden erste Näherungswerte für die dreidimensionalen Koordinaten  $X_0$ ,  $Y_0$  und  $Z_0$  der zweiten Position  $M_2$  sowie für die Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  der optischen Achse  $O_2$  bestimmt, d. h. die Anfangskoordinaten  $X_0$ ,  $Y_0$  und  $Z_0$  und die Anfangswinkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ , die in Schritt **1401** eingegeben wurden, durch die ersten Näherungswerte ersetzt.

In Schritt **1406** wird der Koeffizient  $m$  wie folgt berechnet:

$$m \leftarrow 1/l'.$$

Dabei ist zu bemerken, daß die Angabe  $l$  der wirklichen Länge zwischen den Referenzpunkten  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  und die Angabe  $l'$  der durch die Ermittlung der Koordinaten  $PX_j$ ,  $PY_j$ ,  $PZ_j$  der Punkte  $P_j$  erhaltenen relativen Länge entspricht.

In Schritt **1407** wird durch Verwendung des Koeffizienten  $m$  eine Skalierung zwischen den ermittelten Koordinaten  $PX_j$ ,  $PY_j$ ,  $PZ_j$  der Punkte  $P_j$  und den Koordinaten  $QX_1$ ,  $QY_1$ ,  $QZ_1$  des Punktes  $Q_1$  bestimmt, um die tatsächliche räumliche Beziehung zwischen diesen zu ermitteln. Anschließend wird in Schritt **1408** das dreidimensionale  $X$ - $Y$ - $Z$ -Koordinatensystem in ein dreidimensionales  $X'$ - $Y'$ - $Z'$ -Koordinatensystem transformiert, das so definiert ist, wie es in **Fig. 15** gezeigt ist.

Wie aus **Fig. 15** ersichtlich, liegt der Ursprung des dreidimensionalen  $X'$ - $Y'$ - $Z'$ -Koordinatensystems im Referenzpunkt  $P_1$ , wobei die  $X'$ -Achse durch die Referenzpunkte  $P_1$  und  $P_2$  definiert ist. Des weiteren definieren die  $X'$ - und die  $Z'$ -Achse des Koordinatensystems eine Ebene  $Ps$ , die die durch die Referenzpunkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  definierte schraffierte dreieckige Fläche bzw. Referenzfläche enthält. Dabei ist zu bemerken, daß bei dem in **Fig. 15** gezeigten Beispiel, obwohl der Ursprung des dreidimensionalen  $X'$ - $Y'$ - $Z'$ -Koordinatensystems mit dem Referenzpunkt  $P_1$  zusammenfällt, der Ursprung an jeder Position in der Ebene  $Ps$  angeordnet sein kann.

In Schritt 1409 wird beispielsweise die X'-Z'-Ebene bzw. die Ebene Ps. in der die Referenzpunkte P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> und P<sub>3</sub> sowie der Objektpunkt Q<sub>1</sub> aufgezeichnet sind, als Vermessungskarte auf dem Bildschirm 88 dargestellt. Dennoch kann die dargestellte Vermessungskarte ungenau sein, wenn die erneuerten Koordinaten X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> und Z<sub>0</sub> sowie die erneuerten Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  nicht ausreichend angenähert worden sind.

In Schritt 1410 wird bestimmt, ob ein weiterer Satz Punkte q<sub>1k</sub> und q<sub>2k</sub> am würfelförmigen Objekt OB ermittelt werden soll oder nicht. Wenn ein weiterer Satz Punkte q<sub>1k</sub> und q<sub>2k</sub> bestimmt werden soll, d. h., wenn die erneuerten Koordinaten X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> und Z<sub>0</sub> sowie die erneuerten Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  nicht ausreichend angenähert worden sind, wird in Schritt 1411 der Zähler k um Eins erhöht. Anschließend wird die Routine mit den Schritten 1404 bis 1410 erneut durchgeführt.

Bevor die Annäherung der Koordinaten X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> und Z<sub>0</sub> sowie der Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  annehmbar sind, müssen zumindest zwei Sätze von Punkten q<sub>1k</sub> und q<sub>2k</sub> am würfelförmigen Objekt OB bestimmt worden sein, d. h. die Annäherungsberechnung sollte zumindest zweimal wiederholt worden sein. Vorzugsweise sollten mehr als zwei Sätze von Objektpunkten q<sub>1k</sub> und q<sub>2k</sub> bestimmt worden sein, d. h. die Annäherungsberechnung sollte mehr als zweimal wiederholt werden.

Wenn in Schritt 1410 kein weiterer Satz Punkte q<sub>1k</sub> und q<sub>2k</sub> ermittelt werden soll, d. h., wenn die erneuerten Koordinaten X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> und Z<sub>0</sub> sowie die erneuerten Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  ausreichend angenähert worden sind, fährt die Steuerung ausgehend von Schritt 1410 mit Schritt 1412 fort, bei dem bestimmt wird, ob von einem Benutzer durch die Tastatur 90 oder die Maus 92 eine Korrektur des Neigungswinkels des Untergrundes befohlen worden ist oder nicht.

Wird ein Befehl zur Korrektur des Neigungswinkels des Untergrundes in den Computer 82 eingegeben, fährt die Steuerung ausgehend von Schritt 1412 mit Schritt 1413 fort, bei dem die folgende Berechnung durchgeführt wird:

$$\Theta \leftarrow \cos^{-1}(L_1/L_2).$$

Genauer gesagt wird der Neigungswinkel  $\Theta$  des Untergrundes, d. h. der Ebene Ps. auf Grundlage des von der Sensoreinheit 34 beispielsweise an der ersten Position M<sub>1</sub> gemessenen vertikalen und minimalen Abstandes L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> berechnet.

In Schritt 1414 wird das dreidimensionale X'-Y'-Z'-Koordinatensystem so weitertransformiert, daß der Neigungswinkel  $\Theta$  im wesentlichen Null wird, d. h., daß die Ebene Ps im wesentlichen mit der horizontalen Ebene Ph übereinstimmt. Anschließend wird in Schritt 1415 die transformierte X'-Z'-Ebene bzw. die Ebene Ps, in der die Referenzpunkte P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> und P<sub>3</sub> sowie der Objektpunkt Q<sub>k</sub> aufgezeichnet sind, als neigungswinkelkorrigierte Vermessungskarte auf dem Bildschirm 88 dargestellt, womit die Routine abgeschlossen ist.

Selbstverständlich kann der Neigungswinkel  $\Theta$  des Untergrundes, d. h. der Ebene Ps, auf Grundlage des von der Sensoreinheit 34 an der zweiten Position M<sub>2</sub> gemessenen vertikalen und minimalen Abstandes L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> berechnet werden. Ferner kann ein Durchschnitt der Neigungswinkel  $\Theta$  aus den vertikalen Abständen L<sub>1</sub> und den minimalen Abständen L<sub>2</sub>, die an der ersten und zweiten Position M<sub>1</sub> und M<sub>2</sub> gemessen worden sind, für die weitere Koordinatentransformation des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems verwendet werden.

In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel kann, obwohl der vertikale Abstand L<sub>1</sub> und der minimale Abstand L<sub>2</sub> in der IC-Speicherkarte 28 abgespeichert sind, der Neigungswinkel  $\Theta$  von der Steuereinheit 42 der Videokamera berechnet werden. In diesem Fall müssen die Ablaufdiagramme nach Fig. 4 und 5 teilweise abgewandelt werden, wie in Fig. 16 bzw. 17 dargestellt. Genauer gesagt sollte, wie Fig. 16 zeigt, Schritt 404 und Schritt 409 abgewandelt werden, wie durch Schritt 404' bzw. Schritt 409' angegeben ist. Darüber hinaus sollte, wie Fig. 17 zeigt, Schritt 713 in die Abstandsmeßroutine nach Fig. 7 eingefügt werden.

Die erfindungsgemäße Videokamera mit Abstandsmessungs-Sensoreinheit 34 kann insbesondere in vorteilhafter Weise verwendet werden, wenn mehrere Vermessungskarten miteinander kombiniert werden müssen, um eine breite Vermessungskarte zu erzeugen.

Insbesondere, wenn beispielsweise, wie Fig. 18 zeigt, ein geografischer Bereich D über eine größere Breite vermessen werden soll, der entlang der Y'-Z'-Ebene des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems ein gewelltes Profil hat, wie durch die Schraffierung angezeigt, wird der geografische Bereich D entsprechend dem natürlichen Verlauf des gewellten Profils beispielsweise in sieben Abschnitte D<sub>1</sub> bis D<sub>7</sub> unterteilt.

Jeder Abschnitt D<sub>1</sub> bis D<sub>7</sub> hat eine Länge d<sub>t</sub> (t = 1, 2, ..., 6, 7) entlang der Z'-Achse des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems, wenn eine Vermessungskarte G<sub>t</sub> in der oben beschriebenen herkömmlichen Weise gebildet wird, d. h. wenn die Vermessungskarte G<sub>t</sub> erstellt wird, ohne den Neigungswinkel  $\Theta$  des Untergrundes zu korrigieren.

Werden die Vermessungskarten G<sub>1</sub> bis G<sub>7</sub> zum Erzeugen einer breiten Vermessungskarte so miteinander kombiniert, daß sie sich entlang der horizontalen Ebene Ph (vgl. Fig. 5) erstrecken, hat jede Vermessungskarte G<sub>t</sub> eine Länge, die größer ist, als die tatsächliche Länge des zugeordneten Abschnittes D<sub>t</sub>. Die Differenz zwischen diesen Längen kann als Fehlerlänge E<sub>t</sub> definiert werden. Beispielsweise hat die Vermessungskarte G<sub>1</sub> eine Fehlerlänge E<sub>1</sub>. Die zusammengesetzte Vermessungskarte hat dementsprechend eine Gesamtfehlerlänge TE, die wie folgt definiert ist:

$$TE = (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7) - D.$$

Dagegen hat eine nach der Erfindung erstellte, zusammengesetzte Vermessungskarte keine Fehlerlängen, da das dreidimensionale X'-Y'-Z'-Koordinatensystem so transformiert wird, daß der Neigungswinkel  $\Theta$  im wesentlichen Null ist, die Ebene Ps im wesentlichen mit der horizontalen Ebene Ph also übereinstimmt.

Wird jede der Vermessungskarten G<sub>t</sub> in eine in der horizontalen Ebene Ph definierte Vermessungskarte G<sub>t</sub>' umgewandelt, entspricht die Länge d<sub>t</sub>' jeder Vermessungskarte G<sub>t</sub>' aufgrund der Koordinatentransformation des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems im wesentlichen der Länge d<sub>t</sub> des jeweils zugeordneten Abschnittes D<sub>t</sub>. Kurz gesagt ist es durch die Erfindung möglich, eine Vermessungskarte mit sehr viel größerer Genauigkeit zu erstellen.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung kann durch Verwendung des beim Fotografieren mit der Videokamera



CA ermittelten vertikalen Abstandes L1 eine Vermessungskarte erzeugt werden, die entweder in der X'-Y'-Ebene oder der Y'-Z'-Ebene des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems liegt. Dadurch ist es möglich, die Höhe des kubischen Objektes OB auf Grundlage des vertikalen Abstandes L1 zu berechnen, um dadurch eine Vermessungskarte in entweder der X'-Y'-Ebene oder der Y'-Z'-Ebene des dreidimensionalen X'-Y'-Z'-Koordinatensystems zu erzeugen.

#### Patentansprüche

1. Kamera, die insbesondere beim fotogrammetrischen Vermessen verwendbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Sensoreinheit (34), die einen vertikalen Abstand (L1) und einen minimalen Abstand (L2) der Kamera (CA) zu einem gegebenenfalls geneigt zu einer horizontalen Ebene (Ph) verlaufenden Untergrund (P) bestimmt, über dem die Kamera (CA) angeordnet ist. 10
2. Kamera nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Speichermedium (38) zum Abspeichern der vertikalen und minimalen Abstandswerte (L1 und L2).
3. Kamera nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Recheneinheit (42) zum Berechnen eines Neigungswinkels ( $\Theta$ ) des Untergrundes (P) auf Grundlage des vertikalen und minimalen Abstandes (L1 und L2), und durch ein Speichermedium (38) zum Abspeichern des berechneten Neigungswinkels ( $\Theta$ ). 15
4. Kamera nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kamera eine Digitalkamera (CA) ist, und daß das Speichermedium (38) die bei der Aufnahme durch die Kamera (CA) ermittelten Bilddaten speichert.
5. Kamera nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vertikale Abstandswert (L1) in dem Speichermedium (38) abgespeichert wird. 20
6. Kamera nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (34) um eine rechtwinklig zur optischen Achse der Kamera (CA) verlaufende Achse (A) frei drehbar ist, und daß die Sensoreinheit (34) den vertikalen Abstand (L1) bestimmt, wenn sich die Sensoreinheit (34) in einer durch die Schwerkraft bewirkten, ausbalancierten Stellung befindet.
7. Kamera nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (34) zum Bestimmen des minimalen Abstandes (L2) von der ausbalancierten Stellung in eine weitere Stellung schwenkbar ist. 25
8. Speichermedium für von einer Kamera (CA) erzeugte Bilddaten, dadurch gekennzeichnet, daß in das Speichermedium (38) ein vertikaler Abstand (L1) und ein minimaler Abstand (L2) der Kamera (CA) zu einem gegebenenfalls geneigt zu einer horizontalen Ebene (Ph) verlaufenden Untergrund (P) abgespeichert werden, über dem die Kamera (CA) angeordnet ist. 30
9. Speichermedium für von einer Kamera (CA) erzeugte Bilddaten, dadurch gekennzeichnet, daß in das Speichermedium (38) ein Neigungswinkel ( $\Theta$ ) eines gegebenenfalls zu einer horizontalen Ebene (Ph) geneigt verlaufenden Untergrundes (Ps) abgespeichert wird, über dem die Kamera (CA) angeordnet ist.
10. Speichermedium nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in das Speichermedium (38) Abstandswerte abgespeichert werden, die einen vertikalen Abstand (L1) der Kamera (CA) zum geneigt verlaufenden Untergrund (P) angeben. 35

---

Hierzu 16 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG.1

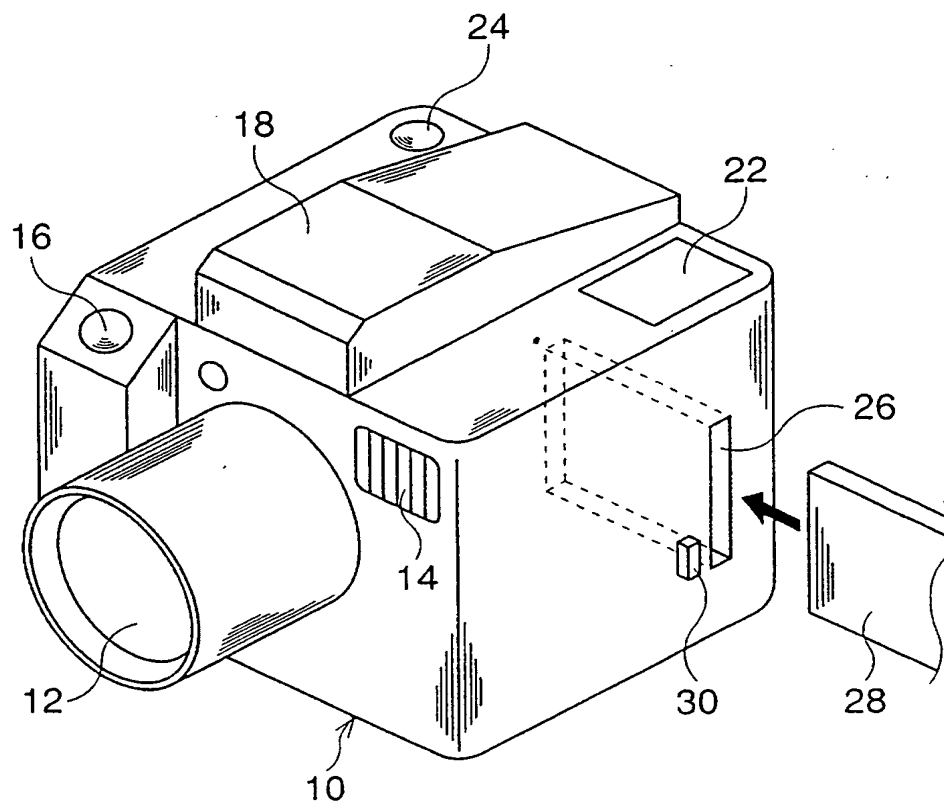


FIG.2

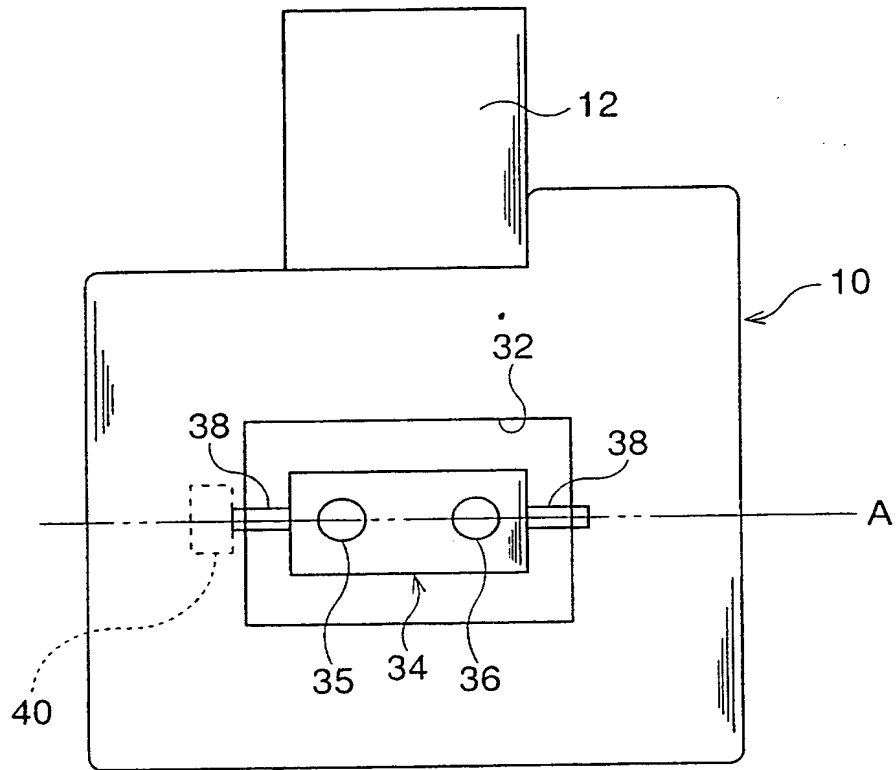


FIG.3

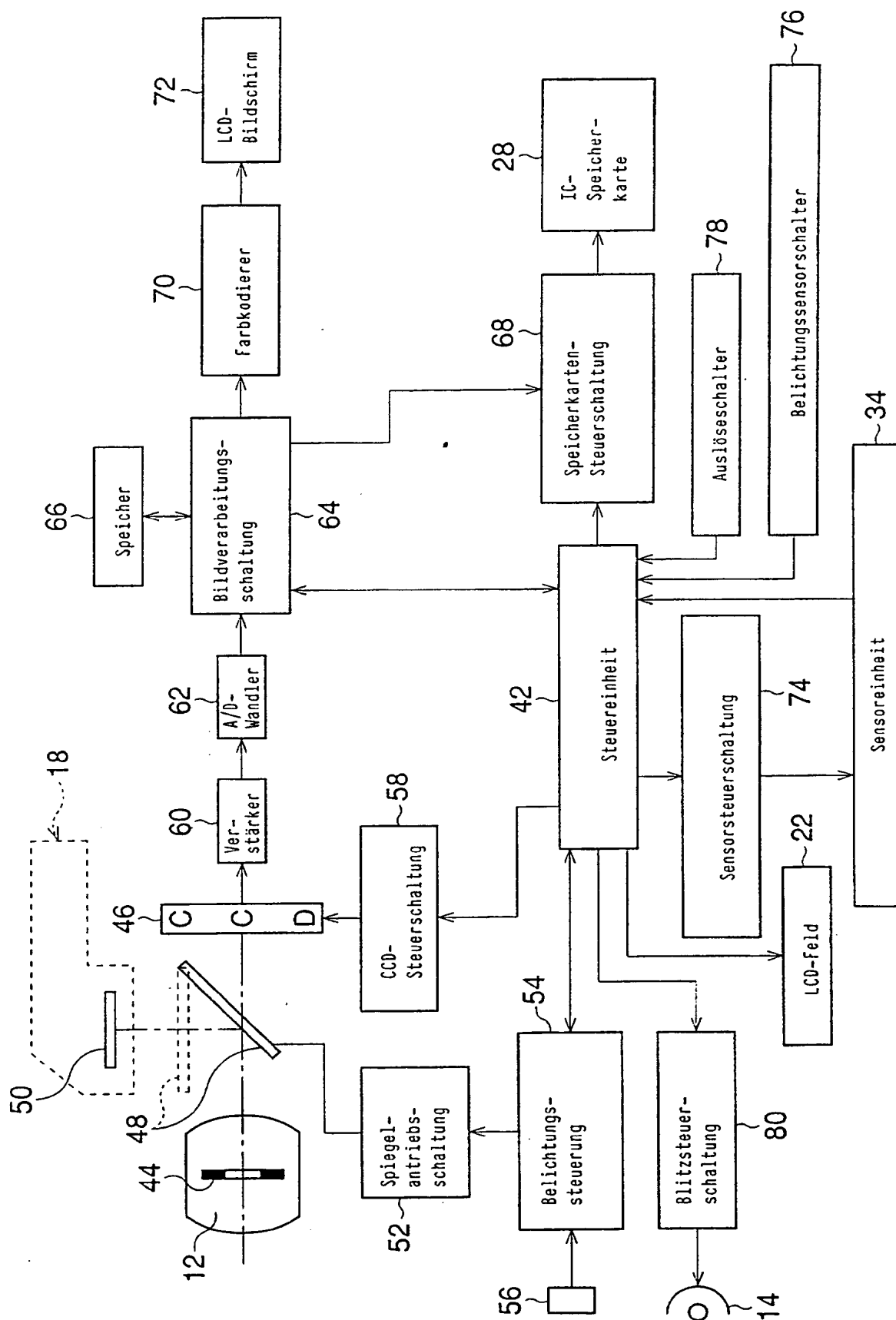


FIG.4

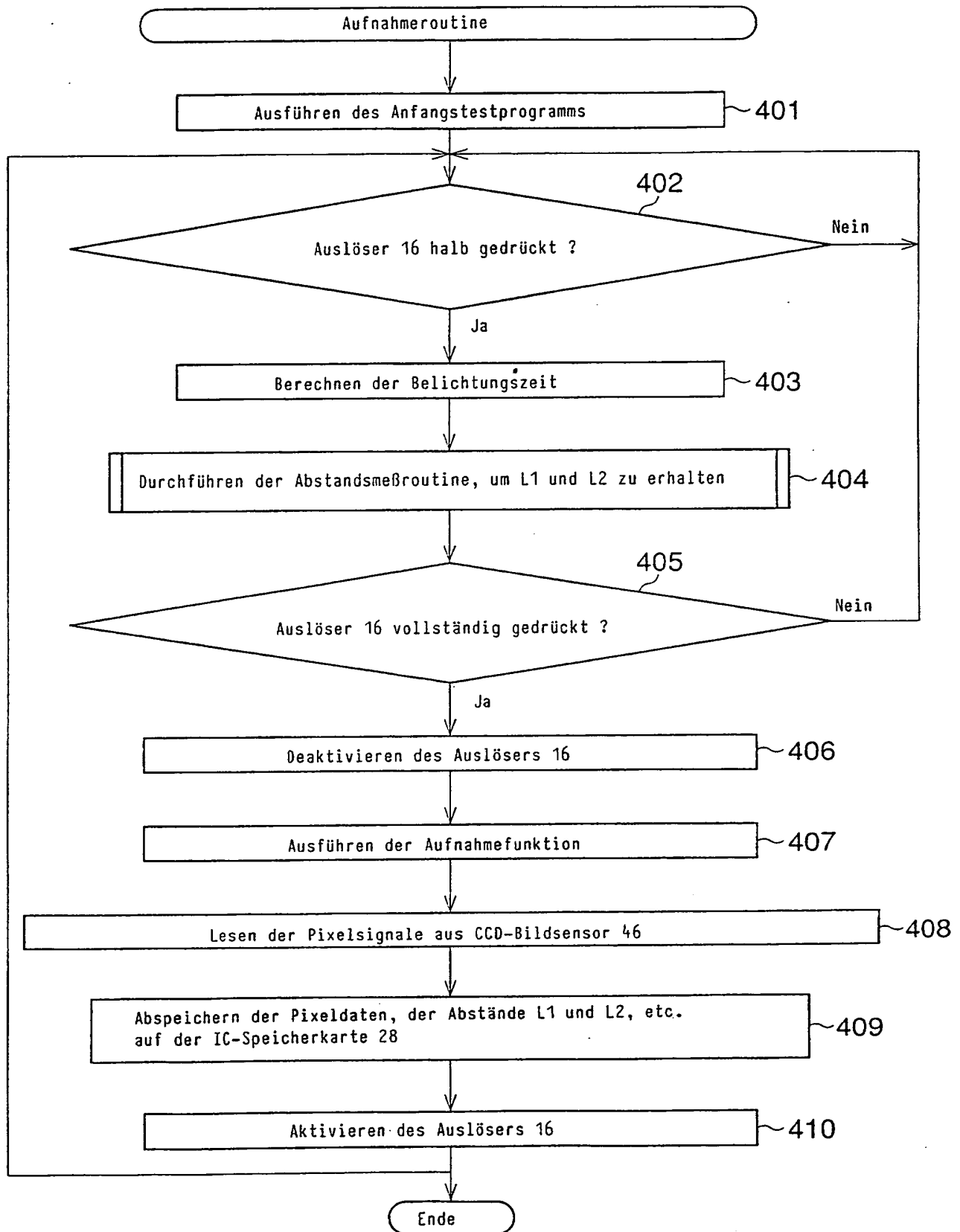


FIG.5

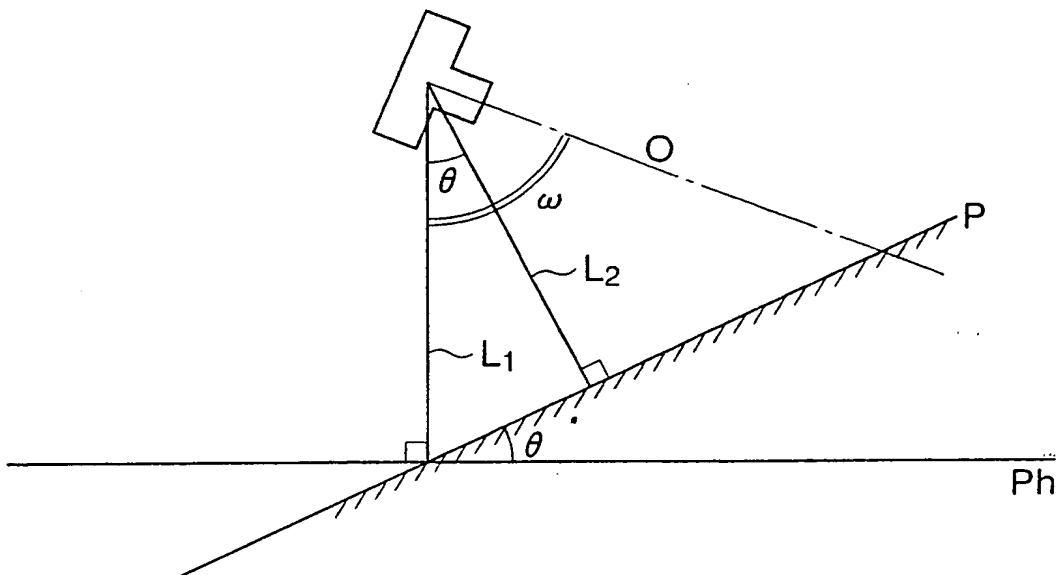


FIG.6

Nummer des Bildfeldes	Kopffeld
Aufnahmevorgaben	
Datum und Uhrzeit der Aufnahme	
Abstände L1 und L2	
Bilddatenspeicherfeld	
Reservefeld	

FIG.7

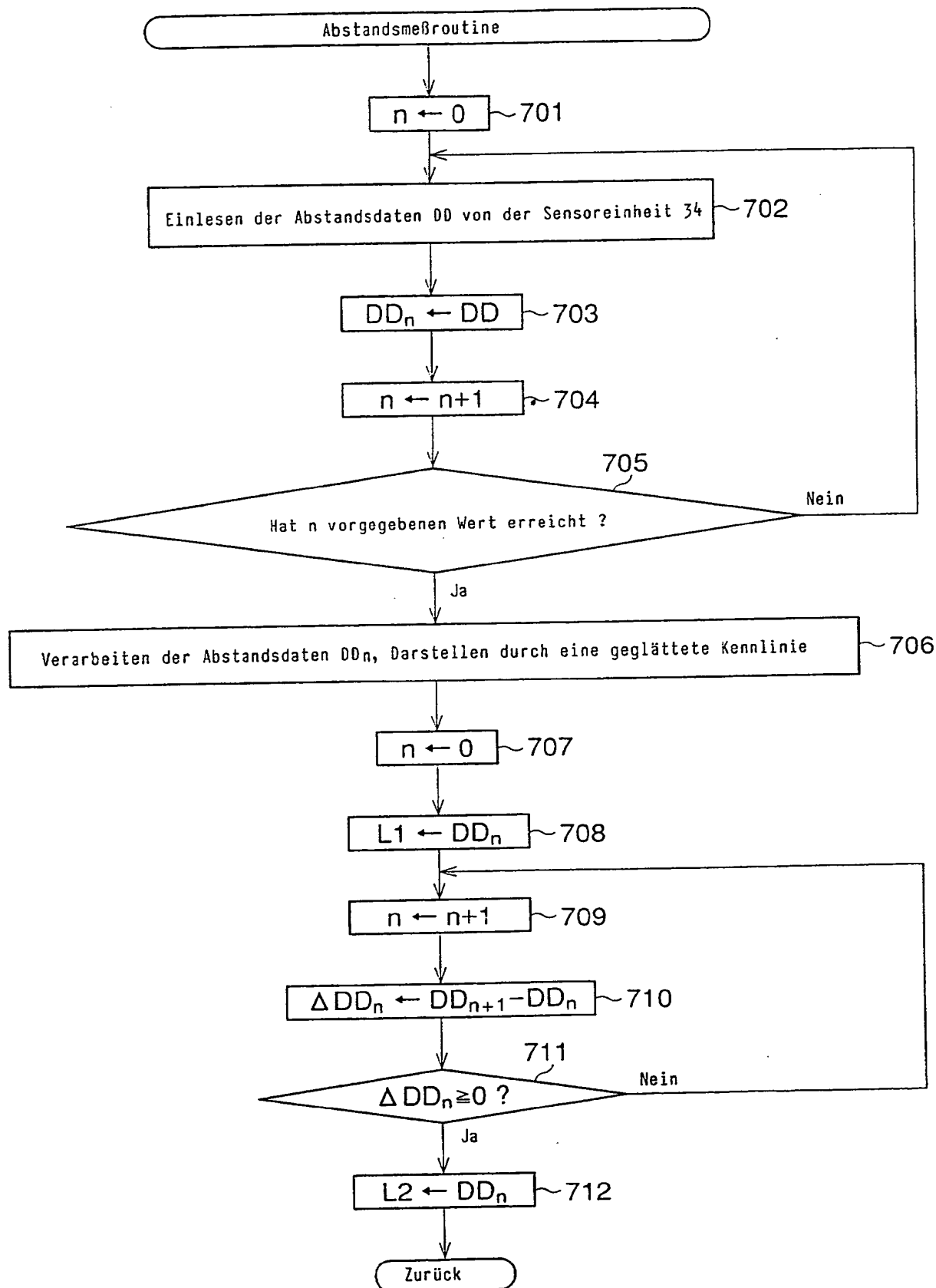




FIG.8

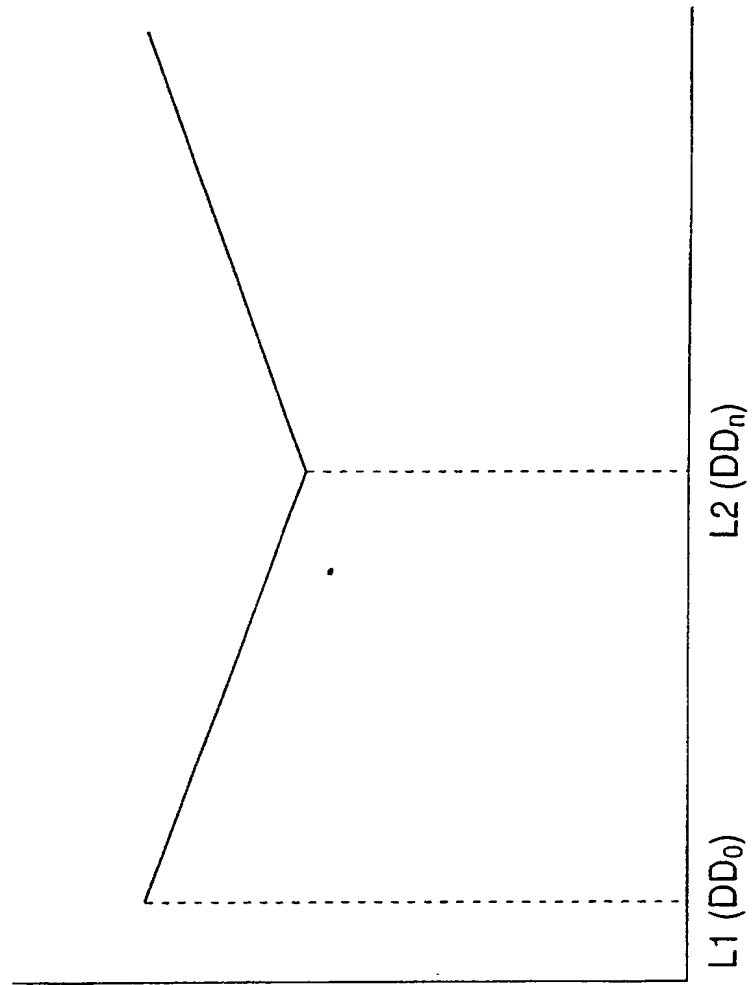


FIG. 9

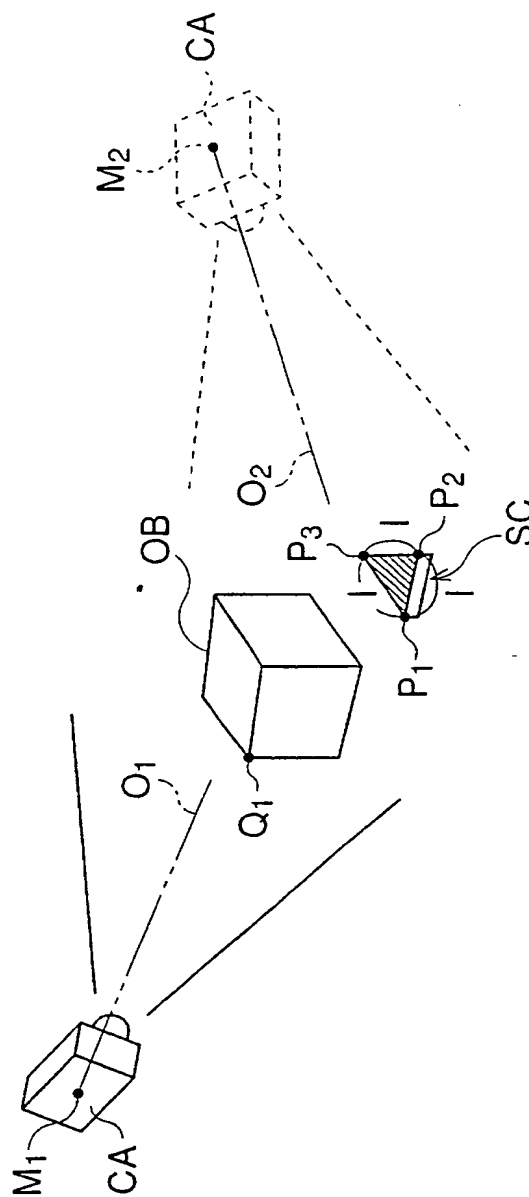


FIG. 10

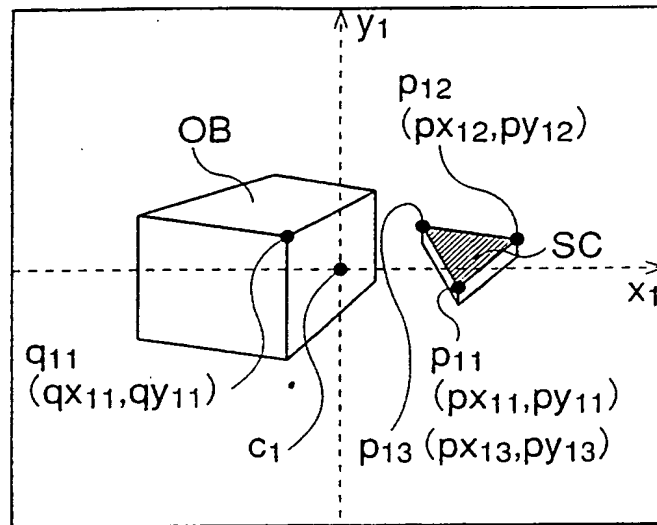


FIG. 11

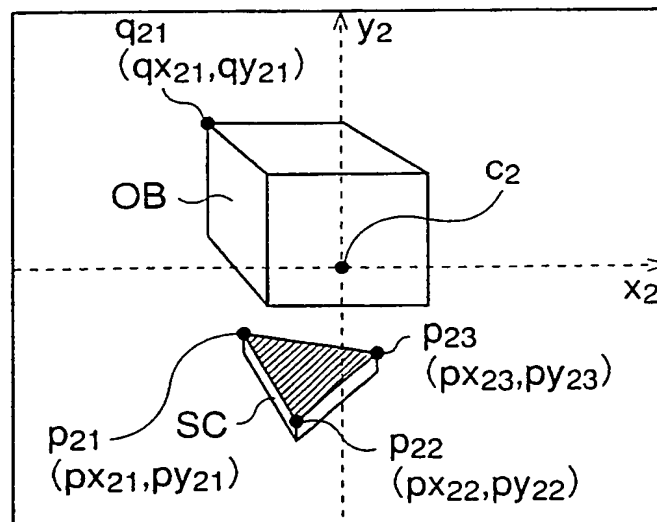


FIG. 12

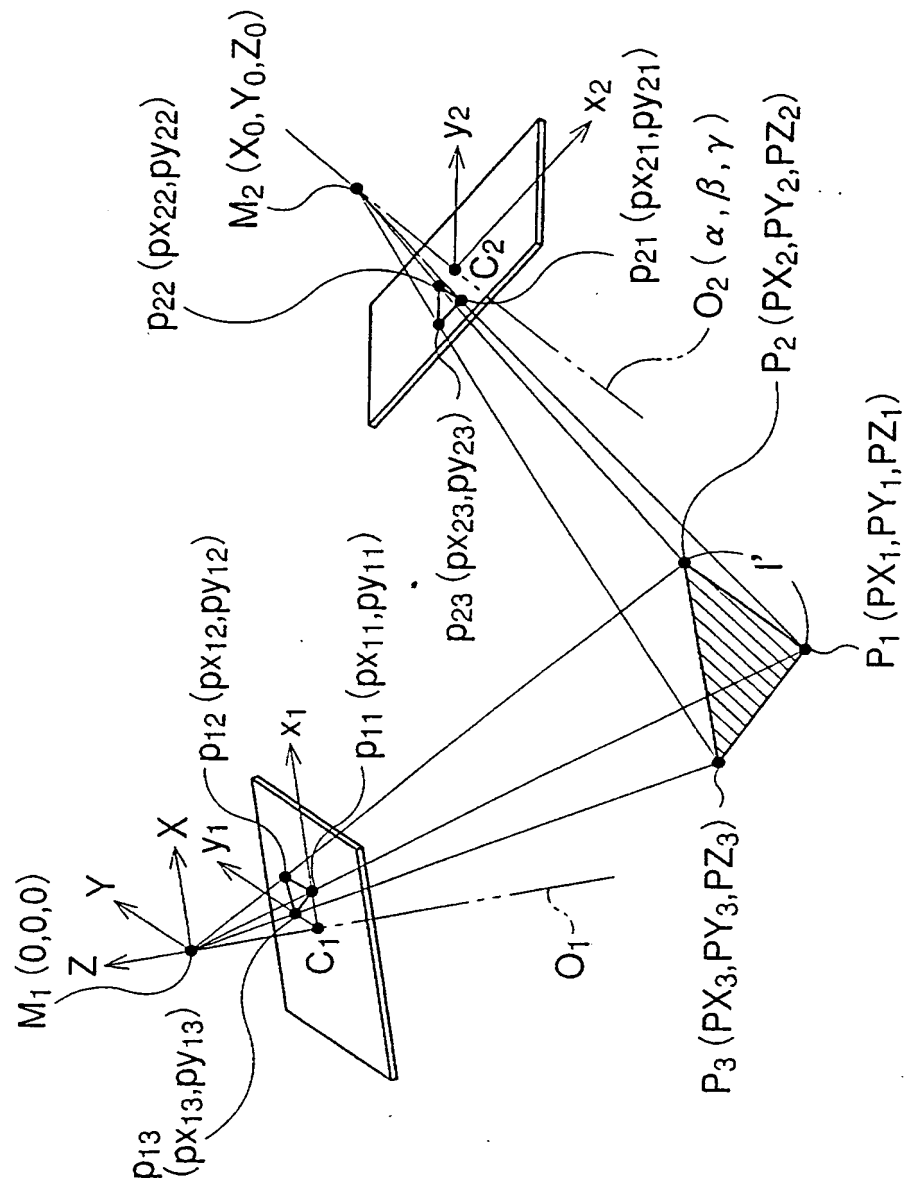


FIG.13

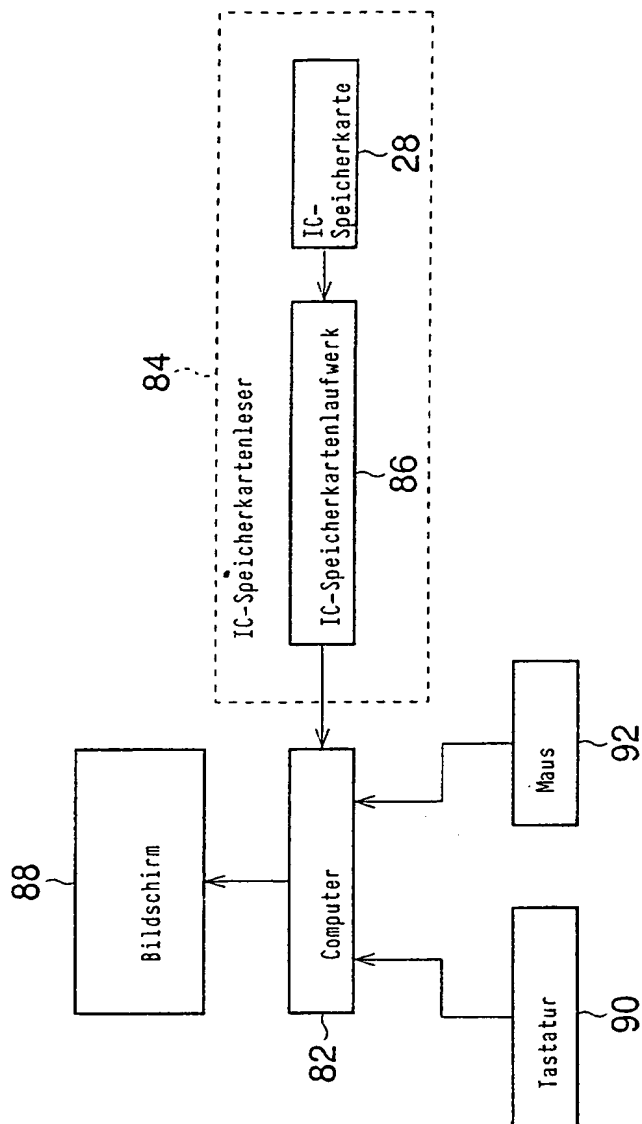


FIG.14

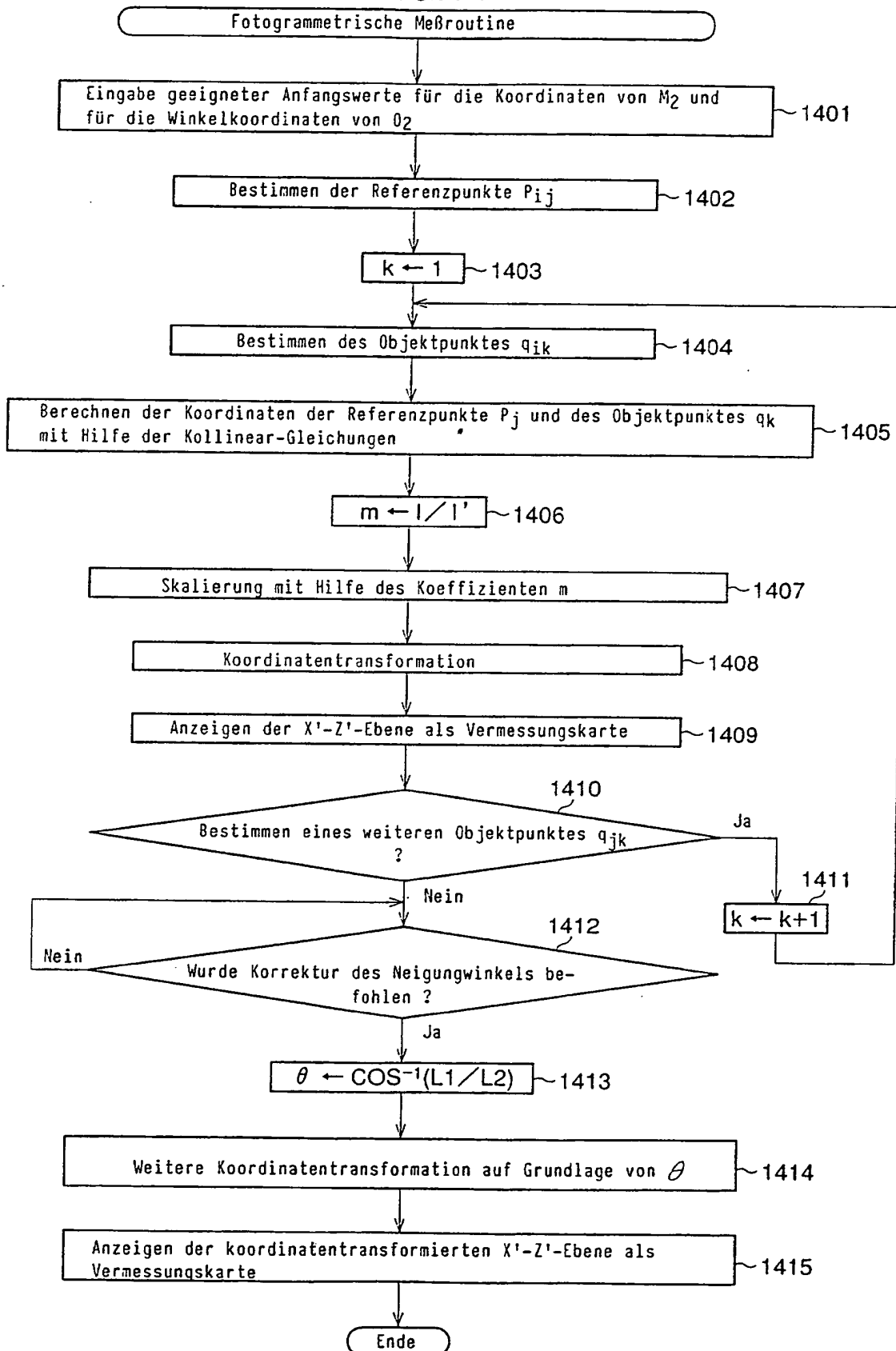


FIG. 15

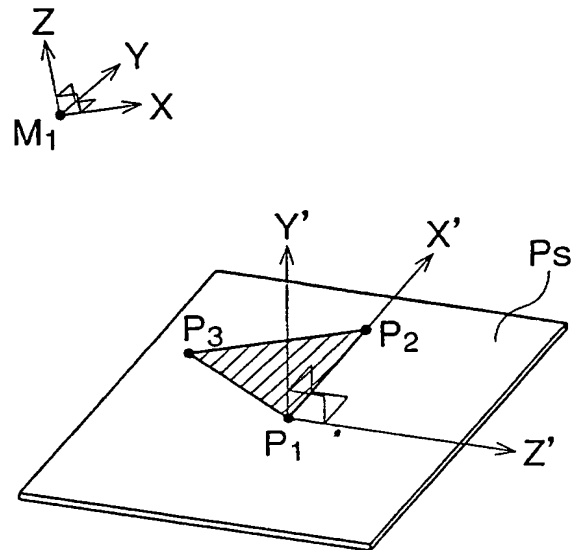


FIG.16

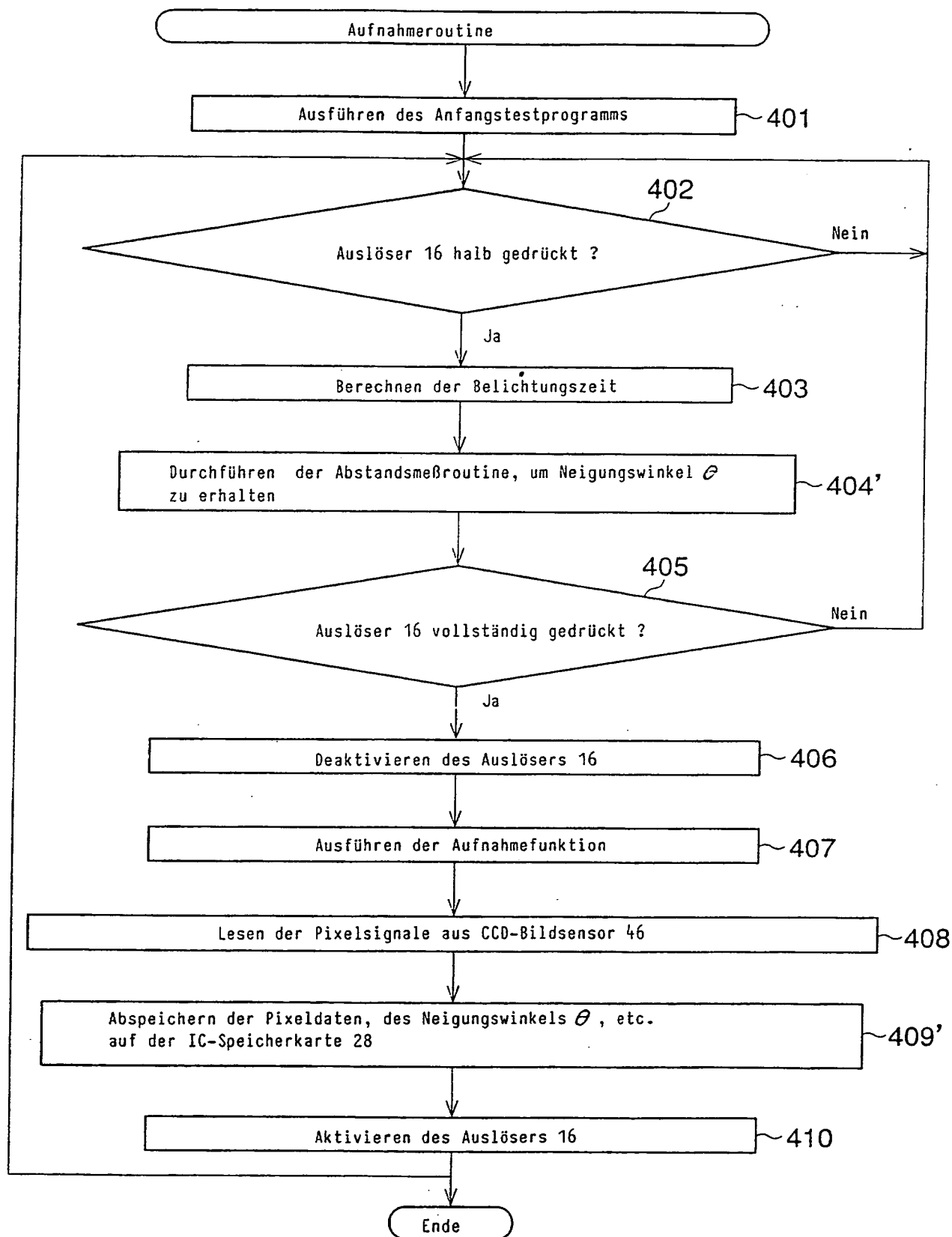




FIG.17

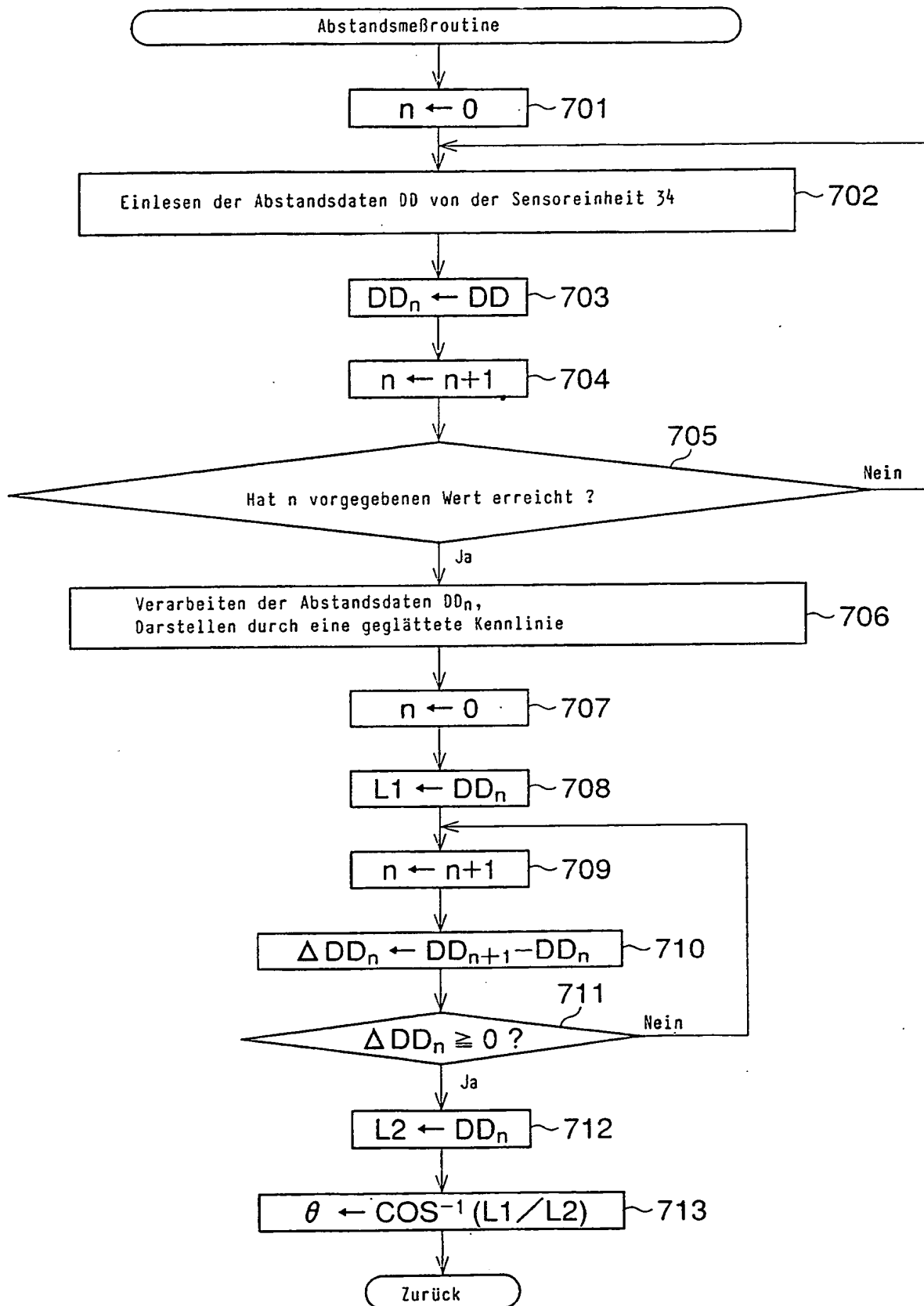


FIG.18

